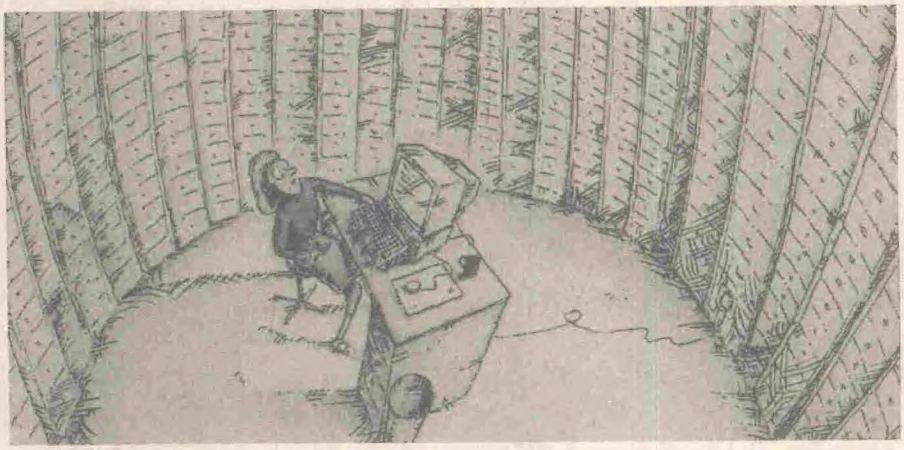
ดร. ภุชงค์ อุทโยภาศ

สร้างซูเปอร์คอมพิวเตอร์ราคาถูก ด้วยเทคโนโลยีพีซี



สร้างซูเปอร์คอมพิวเตอร์โดยใช้คอมพิวเตอร์แบบขนานและเทคนิคการประมวลผลแบบขนานเข้ามาเร่งความเร็ว

ในอดีตถ้ามีคนบอกผู้เขียนว่ามีโอกาสได้สัมผัสหรือใช้งานระบบซูเปอร์คอมพิวเตอร์ ผู้เขียนคงจะมองด้วยความทึ่ง (ปนอิจฉานิด ๆ) เนื่องด้วยคอมพิวเตอร์ระดับซูเปอร์คอมพิวเตอร์นั้นเป็นของที่มีราคาแพงนับสิบนับร้อยล้านบาท ซึ่งโอกาสที่คนยากคนจนอย่างผู้เขียนจะมีโอกาสได้สัมผัสกับเขานั้นก็ยาก

อย่างไรก็ตาม ชะตาชีวิตของผู้เขียนก็ได้ผกผันไป ๆ มามาจนมาหล่นปุ๋ลงว่าตัวเองต้องทำงานด้านการประมวลผลแบบขนานและระบบปฏิบัติการแบบกระจาย (Parallel and Distributed Computing Systems) ผู้เขียนเลยได้มีโอกาสใช้งานคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่พวกซูเปอร์คอมพิวเตอร์ดังฝัน นอกจากนั้นด้วยการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีและโอกาสอีกหลายประการ (เช่น คุณแม่บ้านอนุมัติให้กลับบ้านได้บ้าง) ผู้เขียนก็เลยอาจหาญต่อคอมพิวเตอร์ระดับซูเปอร์คอมพิวเตอร์ขึ้นมาใช้เองที่ที่ทำงานในราคาถูกเพื่อทำงานวิจัยแบบจนจน

บทความแบบทีเล่นทีจริงทางเทคนิคนี้ทางวารสารไมโครฯ ก็ขอร้องกึ่งบังคับให้ผู้เขียนออกมาสารภาพว่าได้ทำอะไรอยู่ในห้องปฏิบัติการบ้าง (ซึ่งผู้เขียนก็ยินดีเอาการเพราะเอาไปใช้อธิบายกับแม่บ้านว่าหายไปดึก ๆ นี่อยู่กับเครื่องทำอะไรบ้าง) การเขียนคงออกไปเป็นแบบกึ่งสารคดีกึ่งตำรากับข้าวนะครับ คงต้องขอลงสักสองสามตอนจบเพราะเรื่องมันมากมายทีเดียวครับ

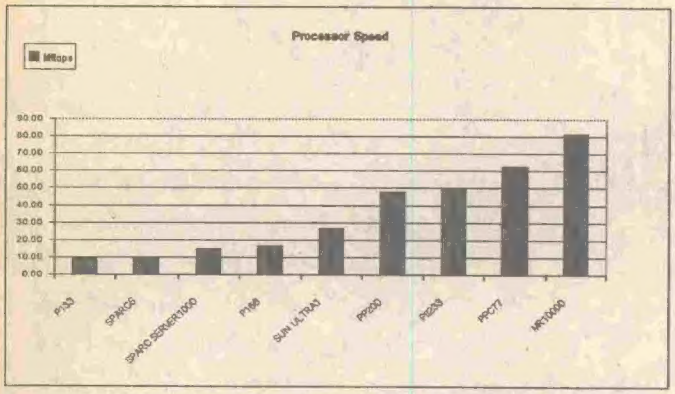
เรามาเริ่มกันดีกว่า

ซูเปอร์คอมพิวเตอร์และคอมพิวเตอร์แบบขนานคืออะไร?

ถ้าตอบแบบกำปั้นทุบดินก็ต้องบอกว่าซูเปอร์คอมพิวเตอร์ก็คือ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่เร็วที่สุดในยุคนั้น สาเหตุเนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์มีวิวัฒนาการที่เร็วมาก เครื่องซูเปอร์คอมพิวเตอร์แบบแรก ๆ คือ CRAY1 ที่ออกมาในราว ๆ ปี 1980-1981 นั้นมีความเร็วประมาณ 100 เมกะฟล้อป (คือคำนวณตัวเลขทศนิยมได้หนึ่งร้อยล้านครั้งต่อวินาที) เพื่อให้ผู้อ่านทุกท่านมีภาพพจน์ว่าความเร็วขนาดนี้นั้นเทียบกับคอมพิวเตอร์ปัจจุบันแล้วเป็นอย่างไร ผู้เขียนขอยกตัวอย่างข้อมูลแสดงความเร็วการคำนวณของคอมพิวเตอร์หลายชนิดมาประกอบดังรูปที่ 1

ข้อมูลที่แสดงนี้เป็นข้อมูลที่ผู้เขียนวัดมาเองโดยการรันโปรแกรม benchmark โปรแกรมที่มีชื่อเสียงตัวหนึ่ง คือ linpack บนคอมพิวเตอร์สารพัดชนิดที่ผู้เขียนใช้ได้หรือบังคับให้คนรันให้ได้ linpack นี้หาได้จาก http://www.netlib.org ครับ พบว่า Pentium 233 ที่ผู้เขียนมีก็ได้ความเร็วราว 50 Mflops แล้ว ผู้เขียนประมาณว่า Pentium 450 น่าจะเร็วกว่า CRAY1 แล้ว นั่นคือเราสามารถหาเครื่องที่มีสมรรถนะพอกับซูเปอร์คอมพิวเตอร์เมื่อสิบกว่าปีก่อนได้ที่พันธุ์ทิพย์พลาซ่านี่เอง

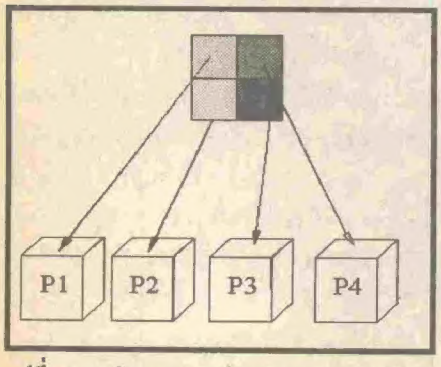
สร้างซูเปอร์คอมพิวเตอร์ราคาถูก ด้วยเทคโนโลยีพีซี



รูปที่ 1 กราฟเปรียบเทียบความเร็วของโปรเซสเซอร์หลายชนิด

แล้วตอนนี้เครื่องซูเปอร์คอมพิวเตอร์จริง ๆ มีความเร็วขนาดไหนและเครื่องที่เร็วที่สุดนั้นเร็วแค่ไหน คำตอบก็คือในตอนนี้เครื่องระดับซูเปอร์คอมพิวเตอร์นั้น มีความเร็วในระดับหลายพันล้านคำสั่ง หรือจิกะฟล้อป (Gigaflops) ส่วนเครื่องที่เร็วที่สุดนั้นตอนนี้เป็นเครื่องของ IBM มีรหัสว่า Blue-Pacific SST มีความเร็วประมาณ 3.9 เทอราฟล้อป (Terraflops) หรือ 4 ล้านล้านคำสั่งต่อวินาที เครื่องนี้มี CPU ทั้งหมด 5,856 ตัวช่วยกันทำงาน เครื่องนี้เพิ่งส่งมอบให้ Lawrence Livermore National Laboratory ไปเมื่อ 3 ตุลาคม 2541 ที่ผ่านมานี่เอง

รูปที่ 2 รูปภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เร็วที่สุดโลกในปัจจุบัน



รูปที่ 3 แนวคิดของการประมวลผลแบบขนาน

สมัยก่อนซูเปอร์คอมพิวเตอร์ใช้เทคนิคของการสร้างโปรเซสเซอร์ที่เร็วมาก ในหลายกรณีต้องมีการหล่อเย็นด้วยไนโตรเจนเหลวเนื่องจากเครื่องร้อนมาก แต่ขณะนี้ระบบซูเปอร์คอมพิวเตอร์ทั้งหมดจะใช้คอมพิวเตอร์แบบขนานและเทคนิคการประมวลผลแบบขนานเข้ามาเร่งความเร็ว

จริง ๆ แล้วเทคนิคการประมวลผลแบบขนานก็ไม่มีอะไรลึกลับหรอกครับ เพราะเราใช้ในชีวิตประจำวันบ่อย ๆ เช่น การสร้างบ้าน ถ้าใช้ช่างคนเดียวสร้างบ้านอาจจะต้องใช้เวลาหลายปีกว่าจะเสร็จ แต่ถ้าเราจ้างคนงานก่อสร้างมาหนึ่งโขยงมาช่วยกันทำงาน เช่น คนหนึ่งผสมปูน คนหนึ่งก่ออิฐ คนหนึ่งฉาบปูน งานก็เสร็จเร็วขึ้นมาก

ในทางคอมพิวเตอร์เรามีงานขนาดใหญ่หนึ่งงานที่ต้องคำนวณมหาศาล เราก็หาเครื่องที่มี CPU หลายตัวมาใช้โดยตัดแบ่งงานกระจายไปให้ CPU ทุกตัวทำพร้อมกัน การคำนวณก็จะเสร็จเร็วขึ้นมาก รูปที่ 3 แสดงแนวความคิดดังกล่าว

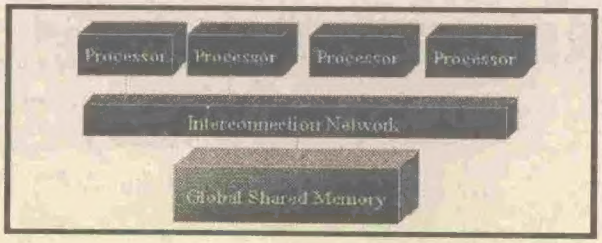
โครงสร้างของคอมพิวเตอร์แบบขนานเป็นอย่างไร

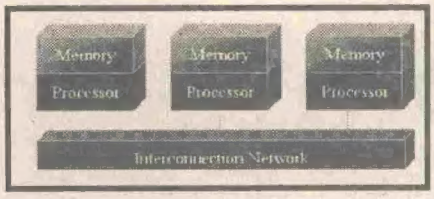
การที่จะรันโปรแกรมแบบขนานบนคอมพิวเตอร์ได้นั้นต้องอาศัยองค์ประกอบหลายประการ ทั้งทางฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ในส่วนของฮาร์ดแวร์นั้นคอมพิวเตอร์แบบขนานมีได้หลายแบบหลายประการมาก ในบทความนี้จะขอตัดเอามาพูดเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเราเท่านั้น (ใครอยากรู้เรื่องละเอียดต้องมาลงทะเบียนเรียนวิชา การประมวลผลแบบขนาน ที่ผู้เขียนสอนอยู่ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)

คอมพิวเตอร์แบบขนานส่วนหนึ่งจะถูกออกแบบมาสำหรับงานที่ค่อนข้างเฉพาะ แต่คอมพิวเตอร์แบบขนานที่ใช้งานทั่วไป (General Purpose) นั้นจะมีด้วยกันสองแบบใหญ่ ๆ ได้แก่ แบบที่ใช้หน่วยความจำร่วม (Shared Memory Multiprocessors) กับแบบที่ใช้หน่วยความจำแยก (Distributed Memory Multicomputer) เครื่องพวกนี้ได้แก่ PC Server ที่เป็น Dual processor, เครื่อง Multiprocessor server ใหญ่ ๆ ของ SUN, HP, DEC เป็นต้น โครงสร้างของเครื่องแบบใช้หน่วยความจำร่วมจะเป็นดังรูปที่ 4

เครื่องคอมพิวเตอร์แบบนี้ประกอบด้วยส่วนประมวลผลจำนวนมากที่เชื่อมต่อกันด้วยเครือข่ายภายในความเร็วสูง (High Speed Interconnection network) โดยที่หน่วยประมวลผลทั้งหมดใช้หน่วยความจำกลางร่วมกัน ข้อดีของเครื่องแบบนี้คือ การโปรแกรมง่าย และเครื่องมีความเร็วสูงเมื่อมีขนาดเล็กถึงกลาง แต่ขีดจำกัดที่สำคัญคือโครงสร้างแบบนี้ไม่สามารถขยายตัวเป็นระบบขนาดใหญ่ได้ เนื่องจากปริมาณการสื่อสารระหว่างโปรเซสเซอร์มีจำนวนมหาศาล ทำให้เครือข่ายถึงจุดอิ่มตัวอย่างรวดเร็วเมื่อเพิ่มหน่วยประมวลผล

รูปที่ 4 โครงสร้างของคอมพิวเตอร์แบบขนานที่ใช้หน่วยความจำร่วม





รูปที่ 5 โครงสร้างของคอมพิวเตอร์แบบขนานที่ใช้หน่วยความจำแยก

สำหรับคอมพิวเตอร์แบบขนานแบบที่ใช้หน่วยความจำแยกมีโครงสร้างดังรูปที่ 5

คอมพิวเตอร์ที่ใช้โครงสร้างแบบนี้ได้แก่ เครื่องซูเปอร์คอมพิวเตอร์ของ IBM รุ่น IBMSP คอมพิวเตอร์แบบนี้ประกอบไปด้วยส่วนประมวลผลจำนวนมากที่เชื่อมต่อกันด้วยเครือข่ายความเร็วสูง (High Speed Interconnection network) โดยที่หน่วยประมวลผลแต่ละตัวจะมีหน่วยความจำแยกจากกันโดยเด็ดขาด การสื่อสารทำโดยการแลกเปลี่ยน message ผ่านเครือข่าย บางครั้งเครื่องคอมพิวเตอร์แบบนี้จึงถูกเรียกว่า เครื่องคอมพิวเตอร์แบบส่งผ่านข้อความ (Message Passing Parallel Computer) ข้อดีของคอมพิวเตอร์แบบนี้คือ ปริมาณการสื่อสารผ่านเครือข่ายจะน้อยกว่าแบบใช้หน่วยความจำร่วมมาก ทำให้เครื่องสามารถขยายตัวจนมีขนาดใหญ่มากได้ (scalable)

ระบบพีซีคลัสเตอร์คืออะไร ?

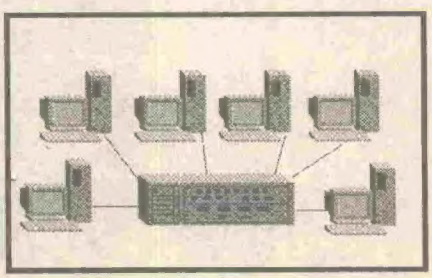
ระบบคลัสเตอร์นั้น ถ้าจะอธิบายง่าย ๆ ก็คือ การนำคอมพิวเตอร์หลาย ๆ ตัวมาเชื่อมต่อกันเพื่อให้ทำงานเหมือนเครื่องใหญ่เครื่องเดียว อาจมีคนคิดสงสัยว่าต่างจากระบบ LAN ธรรมดาอย่างไร ความแตกต่างก็คือ ระบบ LAN จะเป็นการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์จำนวนมากเพื่อใช้ทรัพยากรร่วมกัน โดยแต่ละเครื่องยังเป็นเครื่องอิสระ แต่ระบบคลัสเตอร์เป็นการรวมเครื่องหลาย ๆ เครื่องที่ประสานงานกันอย่างแน่นแฟ้นจนเปรียบเสมือนเป็นเครื่องเดียวกัน

โครงสร้างของระบบพีซีคลัสเตอร์ประกอบด้วยเครื่องพีซีสมรรถนะสูงจำนวนหนึ่งที่นำมาเชื่อมต่อกันด้วยเครือข่ายความเร็วสูง เช่น ระบบ ATM Switch, Fast Ethernet Switch, Myrinet ถ้าดูโครงสร้างแล้วจะเห็นได้ว่าโครงสร้างของระบบคลัสเตอร์ก็คือ คอมพิวเตอร์แบบขนานที่ใช้หน่วยความจำแยกนั่นเอง

ถึงจุดนี้ผู้อ่านที่ขี้สงสัยอาจจะบอกว่าเอ๊ะ งั้นระบบ LAN ทุกที่ก็เป็นคอมพิวเตอร์แบบขนานน่ะซิ คำตอบก็คือ ใช่และไม่ใช่ครับ ที่ว่าใช่เพราะว่าโครงสร้างพื้นฐานของระบบคลัสเตอร์และระบบ LAN ไม่ได้ต่างกันเลย ส่วนที่ว่าไม่ใช่นั้นเนื่องจากระบบ LAN ธรรมดาไม่มีซอฟต์แวร์ที่จะนำความสามารถของการประมวลผลแบบขนานและแบบกระจายมาใช้ได้ อันที่จริงแล้วหัวใจของเทคโนโลยีคลัสเตอร์นั้นอยู่ที่สามอย่างครับ คือ เครือข่ายความเร็วสูง ระบบซอฟต์แวร์ที่สนับสนุนการทำงานแบบคลัสเตอร์ และโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้ขีดความสามารถดังกล่าว

ในปัจจุบันมีแนวโน้มทางเทคโนโลยีหลายประการที่สนับสนุนการก้าวไปสู่ระบบคลัสเตอร์ เช่น

1. จากกราฟในรูปที่ 1 ผู้อ่านคงจะเห็นได้ว่า โปรเซสเซอร์ของเครื่องพีซีในปัจจุบันมีสมรรถนะแทบจะไม่แตกต่างจากโปรเซสเซอร์ของเครื่องซูเปอร์คอมพิวเตอร์ ดังนั้นการเชื่อมระบบพีซีเข้าด้วยกันเพื่อทำงานเป็นซูเปอร์คอมพิวเตอร์จึงมีสมรรถนะไม่แตกต่างจากซูเปอร์คอมพิวเตอร์ที่ขายกันอยู่เลย



รูปที่ 6 โครงสร้างระบบพีซีคลัสเตอร์

2. เนื่องจากเทคโนโลยีของพีซีมีการขายจำนวนมหาศาล ดังนั้นผลที่ได้คือ ราคาที่ถูกมากเมื่อเทียบกับประสิทธิภาพ นอกจากนั้นการแข่งขันที่รุนแรงยังทำให้เงินทุนที่ทุ่มให้การวิจัยและพัฒนานั้นมหาศาล การพัฒนาจึงเป็นไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ได้ของที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นมากในราคาเท่าเดิมตลอดเวลา

3. ปัญหาอย่างหนึ่งที่พบอยู่เสมอเมื่อใช้ระบบราคาแพงคือ ค่าบำรุงรักษาที่สูงมาก นอกจากนั้นเมื่อเทคโนโลยีนั้นเก่าหรือช้าไปแล้ว การหาเงินทุนมาเพิ่มระบบแทบจะเป็นไปได้ยาก ในขณะที่ในระบบพีซีคลัสเตอร์การเพิ่มความสามารถทำได้ทีละน้อยในราคาถูกกว่า นอกจากนั้นเครื่องที่นำออกจากระบบยังเอาไปใช้ต่อได้ ถ้าเราซื้อซูเปอร์คอมพิวเตอร์ เวลา CPU เก่าก็ต้องเปลี่ยนทิ้ง แต่พีซีคลัสเตอร์ยังเอาของเก่าไปลงซอฟต์แวร์ใช้งานในสำนักงานได้ด้วยนะครับ

4. ความก้าวหน้าของซอฟต์แวร์สำคัญ เช่นลีนุกซ์ ที่เป็นระบบปฏิบัติการฟรีที่มีประสิทธิภาพสูง ระบบโปรแกรมแบบขนาน MPI และ PVM (กล่าวถึงในตอนหน้าครับ) ทำให้สามารถสร้างและใช้ขีดความสามารถของระบบคลัสเตอร์ได้

5. ระบบพีซีเป็นเทคโนโลยีที่คนส่วนใหญ่คุ้นเคย ทำให้สามารถบำรุงรักษาระบบได้โดยไม่ต้องจ้างบริษัทในราคาแพง

ข้อดีทั้งห้าประการคงทำให้ผู้อ่านอยากรู้จักระบบคลัสเตอร์ดีขึ้นแล้วใช่ไหมครับ ขอฉุดไว้ต่อตอนหน้าก็แล้วกันครับ รับรองจะเปิดเผยทีเด็ดทางเทคโนโลยีให้หมดเปลือกเลยครับ